ANEXO MEMORIAS DE CALCULO ANCLAJES

CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

OBRAS GEOTÉCNICAS



ING. JEYSON ANDRES VERA VIANA
M.P. 68202 286970 STD

CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4
2. GENERALIDADES 5
2.1 OBJETIVOS 5
2.2 ALCANCE 5
3. REVEGETALIZACIÓN Y/O EMPRADIZACIÓN 6
3.1 EFECTOS HIDROLÓGICOS 6
3.2 EFECTOS HIDRÁULICOS 6
3.3 EFECTOS GEOTÉCNICOS 7
3.4 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA 7
3.5 SELECCIÓN ESPECIE VEGETAL 8
4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN LANDLOK 10
4.1 DISEÑO DE LOS CLAVOS 10
4.1.1 Fuerza de estabilidad 10
4.1.2 Fuerza máxima a tracción por clavo 11
4.1.3 Longitud del clavo 11
4.1.4 Verificación de la longitud del clavo 14
4.1.5 Verificación a la tracción de la barra de acero 14
4.1.6 Verificación de la estabilidad del sistema 14
5. RECOMENDACIONES 15
5.1 REVEGETALIZACIÓN O RECUPERACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN GRAMÍNEAS 15
5.2 RECOMENDACIONES PARA LOS TALUDES CON LANDLOK 16

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de especie vegetal. 8
Tabla 2. Pastos utilizados para el control de la erosión. 9
Tabla 3. Factores de resistencia para el diseño de los clavos. 12
Tabla 4. Resistencia de enlace estimada para clavos en suelos de grano grueso (Modificado después de Elias y Juran 1991). 13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de estabilidad requerido para determinar la resistencia del refuerzo. FHWA – NHI – 10 – 25. 10
Figura 2. Detalle de la revegetalizacion recomendada. 15

1. INTRODUCCION

Para la construcción del centro náutico deportivo en el embalse de Topocoro departamento de Santander se requiere de la adecuación del terreno, por lo que se hace necesario la ejecución de obras para la estabilización de los taludes.

Sin embargo, en el medio existen diversas obras para la estabilización, por lo que se hace necesario analizar las obras que más se ajusten a las condiciones y necesidades del predio donde se va a llevar a cabo el proyecto y nos garantice la estabilidad de los mismos.

El presente informe contiene el análisis y diseño del sistema de estabilización mediante la revegetalizacion de los taludes que son estables y el diseño del sistema Landlok.

2. GENERALIDADES

2.1 OBJETIVOS

- Analizar y diseñar la alternativa de estabilización de los taludes de acuerdo a los requerimientos de la normatividad colombiana.

2.2 ALCANCE

- Presentar los análisis de estabilidad y cálculos para el diseño del sistema de estabilización de los taludes.

3. REVEGETALIZACIÓN Y/O EMPRADIZACIÓN

Al realizar la reconformación del terreno, quedan expuestas diferentes zonas de suelo residual, roca blanda saprolitizada y roca blanda debido a que se retira la cobertura vegetal presente en el área intervenida, facilitando la erosión de los suelos superficiales, teniendo en cuenta las características climatológicas de la región que se caracteriza por las altas precipitaciones. En diferentes situaciones se ha podido evidenciar que los taludes muestran que son más estables con vegetación que sin esta. Esta afirmación se basa en los efectos hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos que produce la vegetación sobre las áreas estudiadas.

3.1 EFECTOS HIDROLÓGICOS

- Intercepción de las gotas de lluvia: Impide el impacto directo sobre el suelo y amortigua la energía de las gotas.
- Retención del agua: Demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una lluvia.
- Evotranspiración: Disminuye la humedad del suelo.
- Acumulación de agua: Retrasa el flujo y disminuye el potencial de avenidas torrenciales.
- Drenaje por follaje: La lluvia es interceptada y transportada hasta el suelo por el follaje disminuyendo la energía del impacto de la lluvia.
- Goteo por las hojas: Parte del agua lluvia es interceptada por la vegetación, sin embargo, este efecto puede llegar a ser perjudicial sino se escoge el tipo de planta correcta, teniendo en cuenta que al caer la lluvia en las hojas se generan gotas de diferentes tamaños dependiendo de las características de la planta que pueden llegar a ser muy grandes y producir focos de erosión.
- Aumento de la infiltración: Al disminuir la velocidad del agua por acción de la vegetación se aumenta la retención del flujo y la infiltración.

3.2 EFECTOS HIDRÁULICOS

Una de las principales razones por la cuales la escorrentía genera erosión es por la velocidad que toma el agua sobre el suelo y esta depende de la rugosidad del terreno. La vegetación es un factor importante teniendo en cuenta que esta aumenta la rugosidad y por ende disminuye las velocidades de escorrentía, de igual forma y dependiendo de lo densa de la vegetación se disminuye el espacio de recorrido de la escorrentía.

3.3 EFECTOS GEOTÉCNICOS

- Se aísla el de las fuerzas de tracción por medio de las raíces y el follaje.
- Se refuerza el suelo aumentando la resistencia al corte y a las fuerzas de erosión.
- En algunas ocasiones y dependiendo de la vegetación las raíces se anclan al suelo creando fuerzas resistentes al deslizamiento.
- Se produce un efecto de arco entre las raíces de cada árbol y los contiguos, ayudando a la estabilidad de las masas de suelo.
- Las raíces forman una red densa entretejida en los primeros 30 a 50 centímetros de suelo, y esta red forma una membrana lateral que tiende a reforzar la masa de suelo más superficial y sostenerla en el sitio.

3.4 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA

De acuerdo a las necesidades del área estudiada y teniendo en cuenta los efectos que tiene la revegetalizacion sobre los taludes, se tiene que esta es una gran opción para proteger los taludes reconformados de la erosión, sin embargo, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros para obtener un buen resultado:

- El follaje, el cual debe ser uniforme y relativamente cercano a la superficie.
- Los tallos, para definir cuál es el más conveniente se debe tener claro el objetivo que se busca con los tallos, por ejemplo, los tallos flexibles se adaptan mejor a la corriente y la turbulencia es menor, por el contrario, los tallos rígidos obtienen menor resultado disminuyendo la velocidad de la corriente.
- Las raíces dependen del tipo de planta y las condiciones del suelo del sitio.
- Estratificación de los suelos sobre los taludes, dependiendo de esto el efecto estabilizante varia, teniendo en cuenta la capacidad de anclaje de las raíces en el suelo.
- Análisis del sitio: existen algunos factores que dependen del sitio que afectan el proceso de revegetalización, tales como el clima (temperatura, régimen de lluvias, intensidades, duración y características de las temporadas de lluvia y secas), exposición al sol, vientos, topografía y suelos.
- Vegetación nativa de la región donde se va a llevar a cabo la revegetalización, este parámetro es muy importante teniendo en cuenta que las especies nativas se encuentran adaptadas a las características del sitio y se permite el mantenimiento ecológico del área.

3.5 SELECCIÓN ESPECIE VEGETAL

Basados en las recomendaciones mencionadas anteriormente y de acuerdo a las características del área en estudio donde se proyecta la revegetalización, se escoge una especie vegetal de acuerdo a las presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de especie vegetal.

Tipo de Vegetación	Ventajas	Desventajas
Pastos	Versátiles y baratos, amplio rango de tolerancias, fáciles de establecer y cobertura buena y densa de la superficie.	Raíces poco profundas, se requiere un mantenimiento regular en el tiempo.
Cañas y juncos	Se establecen muy bien en riberas de ríos, crecen rápidamente.	Son difíciles de conseguir y se deben sembrar uno a uno con costos altos de mano de obra.
Hierbas	Raíces profundas.	Semillas difíciles de conseguir. Muchas veces son difíciles de establecer.
Leguminosas	Fáciles de establecer. Se mezclan muy bien con los pastos.	No toleran sitios difíciles.
Arbustos	Plantas robustas relativamente fáciles de establecer. Raíces profundas. Bajo mantenimiento.	Costosos cuando no es posible establecerlos por estaca o semilla y algunas veces difíciles de establecer.
Arboles	Muy buena raíz profunda. Requieren poco mantenimiento.	Crecen lentamente. Se requiere un tiempo largo para establecerlos. Generalmente son costosos.

Fuente: Control de Erosión – Ing. Jaime Suarez.

Analizando las ventajas y desventajas de cada una de las especies para nuestro sitio se escogió revegetalizar con pastos. Ahora se debe analizar qué tipo de pasto se adapta mejor a las condiciones de sitio. En la siguiente tabla se presentan algunos pastos utilizados para el control de la erosión.

Tabla 2. Pastos utilizados para el control de la erosión.

Nombre Científico	Nombre común	Altitud msnm	Temperatura	Lluvias MM/Año	Reproducción	Invasor	Resist Quemas	Resist Pisoteo	Resist Sequías	Terreno
Vetiveria Zizanoides	Vetiver	0 a 2000	5 a 45	600 a 6000	Tallos enraizados	No	Si	Si	Si	Preferentement e húmedo
Brachiaria Decumbens Stapf	Braquiaria	0 a 2200	20 a 30	800 a 4000	Cepas, estolones y semillas	Si	Si	Si	Si	Bien drenado, ácido
Melinis Minutiflora	Gordura	300 a 3300	18 a 27	800 a 3000	Semillas	No	No	No	No	Bien drenado a húmedo
Pennisetum Clandestinum	Kikuyo	0 a 3300	10 a 30	800 a 2000	Estolones y semillas	Si	Si	Si	Si	Bien drenado a húmedo
Hipasrhemia Rufa Stapf	Puntero	0 a 2000	20 a 30	600 a 1000	Cepas y semillas	No	No	Si	Si	Bien drenado
Dicahnthium Aristatum	Angleton	600 a 1800	23 a 30	1000 a 4000	Estolones y semillas	Si	No	Si	No	Bien drenado neutro
Festuca Arundinacea	Festuca	2000 a 3200	15 a 20	900 a 1700	Semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Panicum Maximum	Guinea	0 a 2200	20 a 30	1000 a 4000	Cepas y semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Brachiaria Mutica	Para-Admirable	0 a 1700	22 a 30	1000 a 4000	Estolones	Si	Si	Si	No	Húmedo
Disitaria Decumbens	Pangola	0 a 2200	18 a 30	1000 a 2000	Estolones	Si	Si	Si	Si	Húmedo a bien drenado
Lolium Perenne	Raigras Perenne	2200 a 3000	10 a 20	1500 a 4000	Semilla	No	No	Si	No	Húmedo
Centrosema Plumieri	Centro	0 a 1600	25 a 30	600 a 1000	Cepas (Rastrero)	Si	No	Si	Si	Secos
Pueraria Phaseoloides	Kudzu Tropical	0 a 2000	22 a 30	1000 a 2000	Cepas (Rastrero)	Si	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Desmodium spp.	Pega – Pega	0 a 3000	18 a 30	1000 a 2000	Cepas (Rastrero)	Si	No	No	Si	Bien drenado
Stenotratum Secundatum	San Agustín	300 a 2000	18 a 25	1000 a 2000	Cepas	Si	No	No	Si	Bien drenado
Penniceteum purpurerum	Elefante	300 a 2300	18 a 27	1000 a 3000	Cepas, estolones y semillas.	Si	No	Si	No	Húmedo neutro
Cymbopogum Citratus	Limonaria	300 a 2000	18 a 25	1000 a 3000	Estolones	No	No	Si	Si	Bien drenado

Fuente: Control de Erosión – Ing. Jaime Suarez.

Teniendo en cuenta que la localización del área en estudio, se escogió entre los diferentes tipos de pastos el Kikuyo.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN LANDLOK

4.1 DISEÑO DE LOS CLAVOS

El diseño de los clavos se realizará, basados en el manual de referencia de la FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7.

4.1.1 Fuerza de estabilidad

Se calcula la tensión total de refuerzo por unidad de ancho de pendiente TS requerida para obtener El factor de seguridad requerido FSR para cada superficie de falla potencial dentro del área crítica que es igual a 1.5, para condición estática y 1.05 para condición dinámica.

$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Donde:
Ts=Es la suma de la fuerza de tracción requerida por unidad de ancho de refuerzo.
MD=Momento de conducción sobre el centro del círculo de falla.
D= Radio de círculo R para continuo, tipo hoja extensible refuerzo (es decir, se supone que actúa tangencialmente al círculo)
FSu=Factor de seguridad del talud sin obras de contención.
FSR=Factor de seguridad mínimo requerido

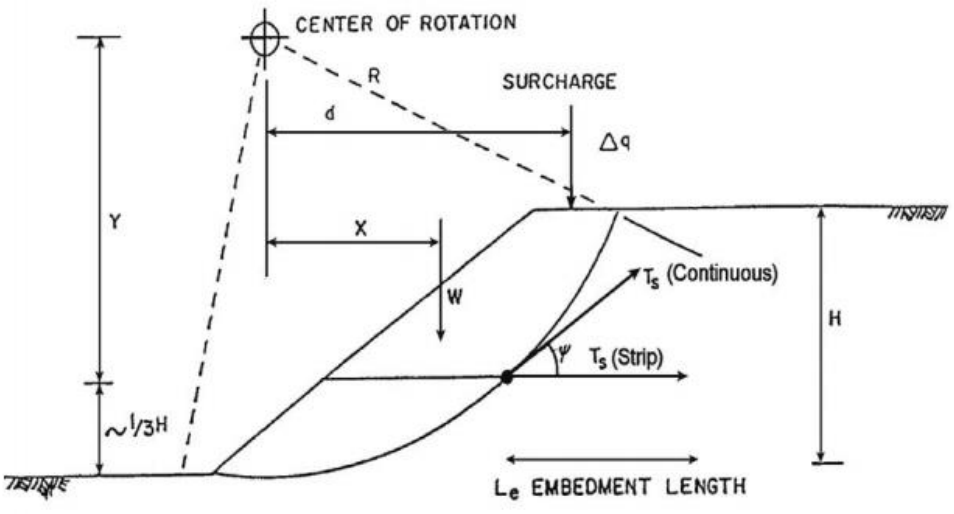


Figura 1. Análisis de estabilidad requerido para determinar la resistencia del refuerzo. FHWA – NHI – 10 – 25.

Las fuerzas requeridas para garantizar la estabilidad se obtienen en condición seudo – estática con un factor de seguridad de 1.05, de igual forma de estos análisis se obtiene la longitud de la cuña de falla, valor que se tendrá en cuenta para el cálculo de la longitud total del clavo.

4.1.2 Fuerza máxima a tracción por clavo

Para el cálculo de la longitud del clavo, se debe transformar la fuerza de estabilidad que está distribuida en la cara del talud, en una fuerza puntual por clavo, para esto es necesario asumir una separación horizontal y vertical preliminar de los clavos, al igual que una inclinación.

Teniendo en cuenta las recomendaciones del manual de la FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7, el cual menciona que las separaciones entre los clavos no deben ser menor a 1.0 m, ni mayor a 2.0 m y la inclinación con la que se instalan debe ser mayor 10° y menor de 20°, y comúnmente se instalan de 15°, razón por la cual se tomara este valor para nuestro diseño.

$$Tmax\ por\ clavo = \frac{Tmax - m\ (Slide)}{Cos\ \alpha} * \frac{SH * SV}{H}$$

Donde:

$\alpha = Inclinación\ del\ clavo\ (15°)$

$SH = Separación\ horizontal$

$SV = Separación\ vertical$

$H = Altura\ del\ talud$

4.1.3 Longitud del clavo

A partir de la evaluación de la resistencia del clavo a la extracción, podemos despejar la longitud de extracción o longitud del clavo detrás de la superficie de falla.

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max por\ clavo}} \geq 1.0$$

Donde:

$\emptyset_{PO} = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ extracción$

Este factor se obtiene a partir de la tabla 6.3 del capítulo 6 del manual de la FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7, y para nuestro diseño es de 0.65.

Tabla 3. Factores de resistencia para el diseño de los clavos.

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_{T}	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_{T}	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_{T}	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_{T}	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

$R_{PO} = Resistencia\ de\ extracción\ nominal$

$R_{PO} = r_{PO} * L_P$

$L_P = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$

Donde:

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

Tabla 4. Resistencia de enlace estimada para clavos en suelos de grano grueso (Modificado después de Elias y Juran 1991).

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden [1]	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden [1]	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

$D_{DH} = \ Diametro\ de\ la\ perforación\ (0.10\ m)$

$\gamma = \ Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

De acuerdo a lo anterior, si condicionamos la verificación a la extracción a 1.0, podremos despejar el valor de L_P, así de esta manera obtener la longitud del clavo, garantizando que cumple la verificación a la extracción.

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$L_P = \frac{1.0 * \gamma * T_{\max por\ clavo}}{\emptyset_{PO} * \pi * q_u * D_{DH}}$$

$L_c = Longitud\ de\ la\ cuña\ de\ falla\ obtenida\ en\ el\ Slide.$

$L_T = Longitud\ total\ del\ clavo$

$L_T = L_c + L_P$

4.1.4 Verificación de la longitud del clavo

Es de tener en cuenta que la longitud del clavo no debe ser inferior a 0.7H, donde H es la altura total del talud, sin embargo, la longitud del clavo no debe superar 1.2H, teniendo en cuenta que cuando la longitud del calvo supera este valor, no es recomendable hacer clavos.

4.1.5 Verificación a la tracción de la barra de acero

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max por\ clavo}} \geq 1.0$$

Donde:

$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion, se\ obtiene\ de\ la\ tabla\ de\ factores\ de\ resistencia\ para\ el\ diseño\ de\ los\ clavos, presentada\ anteriormente\ (0.65).$

$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$

$R_T = A_t * f_y$

Donde:

$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$

$f_y = Resistencia\ del\ acero.$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

4.1.6 Verificación de la estabilidad del sistema

Una vez definidas las características de los clavos y su distribución, se realiza la evaluación de la estabilidad de los taludes con este refuerzo, por medio del software Slide v.6.0 de RocScience, para una condición seudo – estática, presentados en el informe técnico.

5. RECOMENDACIONES

5.1 REVEGETALIZACIÓN O RECUPERACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN GRAMÍNEAS

Consiste en la recuperación de la cobertura vegetal de la zona por medio de la siembra manual de gramíneas, para lo cual se deben desarrollar las siguientes actividades:

1. Se adecuará el terreno mediante nivelación y mullido (manual o rastra discos)
2. Se traza el área en donde se establecerá la siembra de pasto Kikuyo O Gramíneas de raíces cortas.
3. El riesgo después del trasplanté tiene que ser frecuente en forma moderada durante 15 días y después se puede aplicar el agua en mayores intervalos.
4. Se recomienda efectuar la Revegetalización de las zonas de relleno compactado.
5. Se debe realizar una sectorización de las áreas a revegetalizar.

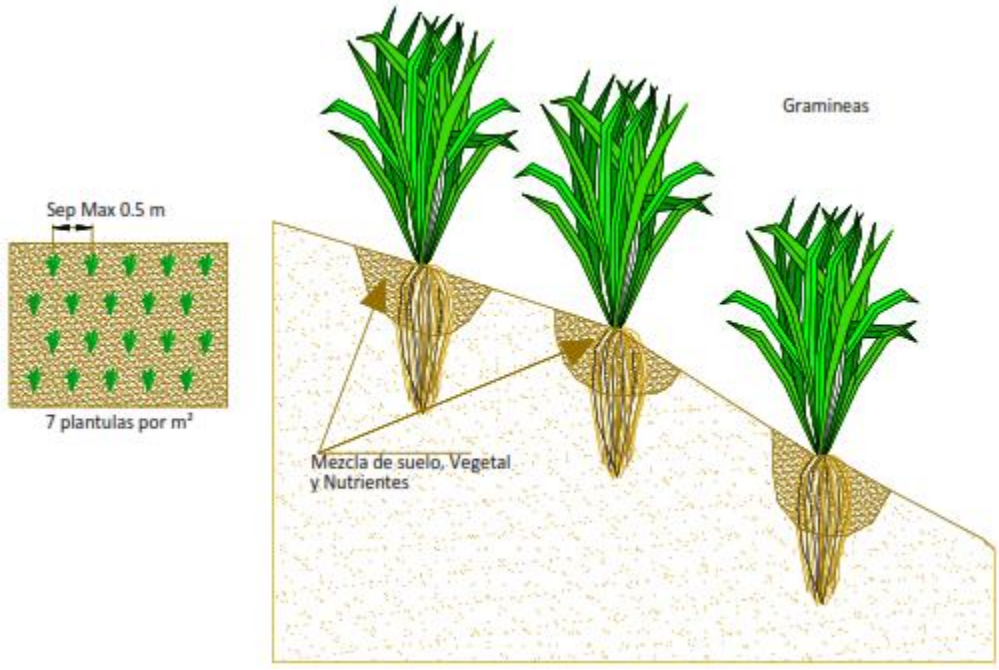
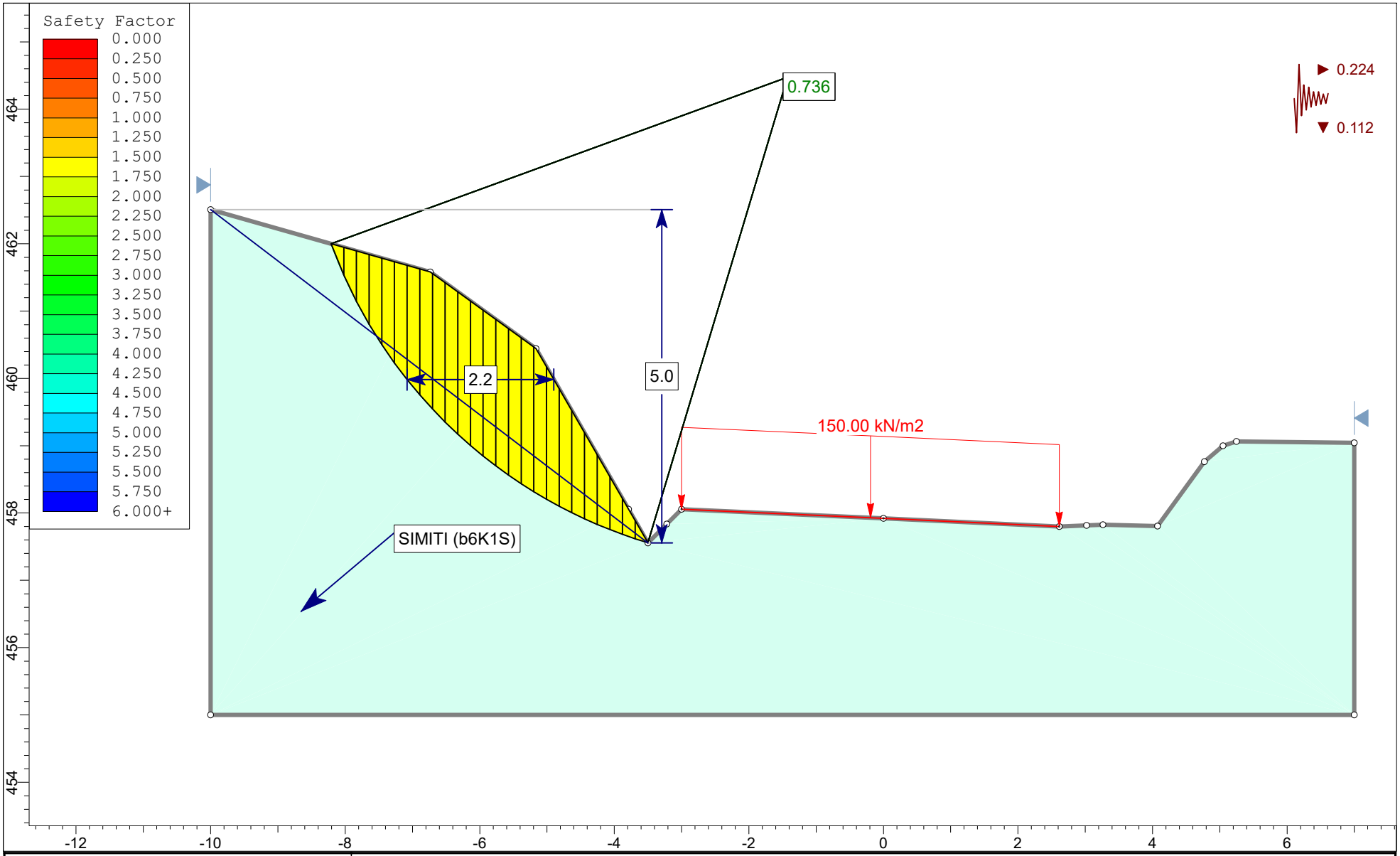


Figura 2. Detalle de la revegetalizacion recomendada.

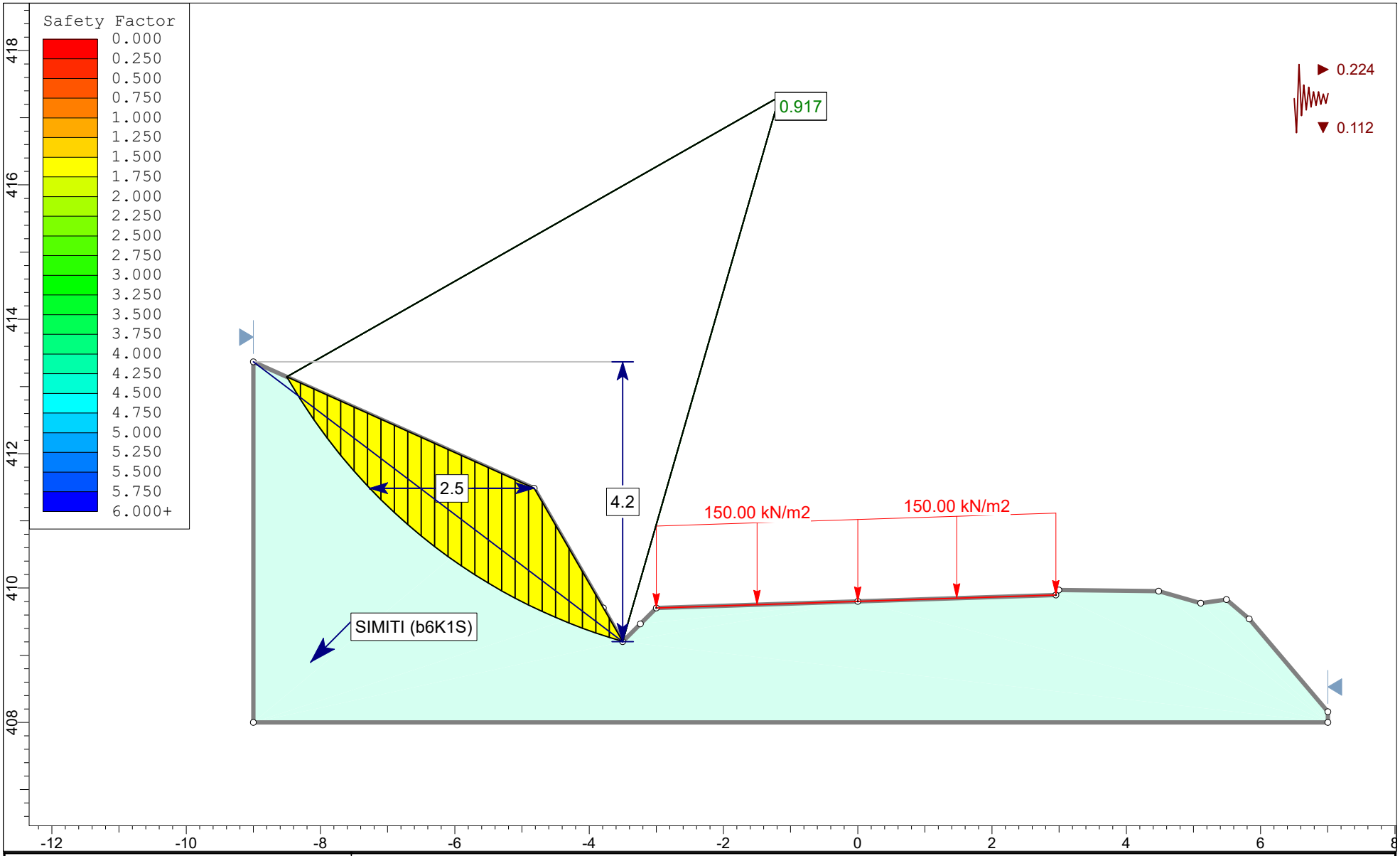
5.2 RECOMENDACIONES PARA LOS TALUDES CON LANDLOK

- Se recomienda que el constructor realice un control de calidad durante la construcción de los clavos de los siguientes elementos:
    - El tipo de acero implementado, debera cumplir con los requisitos de las normas ASTM A82-88 Y A185-85, resistencia a la rotura de 420 Mpa.
    - Los clavos de refuerzo deberan consistir en una varilla de acero corrugado, de 1" de diametro, grado 60 (fy=420 Mpa) y debera contar con doble proteccion contra la corrosion.
    - El anclaje de los clavos con el terreno se debera obtener mediante el uso de mortero de cementocon acelerante o sin el, o inyeccion de lechada con resina sinteticas. Este procedimiento debera ejecutarse para la totalida de la longiyud de la barra.
    - La arandela, la tuerca y el extremo del clavo debera protegerse con un tubo de pVC de 2 ½" de diametro, lleno de concreto.
    - De igual forma la platina debera cubrirse con concreto para evitar su corrosión al entra en contacto con el material organico de la revegetalizacion.
    - Las tuercas de sujeción deberan cumplir norma AASHTO M 291, Grado B, hexagonales, con arandelas biseladas o asiento esferico para proporcionar soporte uniforme cuando sea necesario.
    - Las platinas de apoyo deberan cumplir la norma ASTM A36.
    - Control de resistencia de la lechada de cemento utilizada de acuerdo a especificación INVIAS.
    - Los clavos se deben tensionar con una carga inicial entre el 10% y el 25% de la carga a tracción máxima por clavo. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda tensionar los clavos a 1 Ton, siempre y cuando se garantice la resistencia de la lechada y del concreto del dado.
- Se debe realizar un monitoreo continuo de grietas y movimientos locales en la corona de los taludes para evitar posibles derrumbes de los suelos sueltos superficiales, este control es importante que se realice durante la ejecución de los anclajes, ya que esto permitiría corregir posibles inconvenientes y evitar problemas de estabilidad. Para esto se recomienda implementar inclinometros con monitoreo continuo.
- Se debe verificar la existencia de ductos de agua potable, aguas lluvias y aguas negras, así como la existencia de pozos sépticos o de almacenamiento de agua potable; antes de iniciarlas perforaciones.
- De igual forma se debe monitorear las estructuras existentes y realizar un registro fotográfico de las condiciones actuales, para evitar futuros inconvenientes.
- En la corona del talud se dejará una berma de 1.0 metro de ancho para la sujeción de las mallas.
- En la berma se inicia instalando una estaca de acero de 0.9 m de longitud y 12 mm de diámetro para sujetar las geoceldas y a partir de esta estaca, se instalarán cada celda por medio en sentido vertical y cada 3 celdas en sentido horizontal una estaca de acero de 0.6 m de longitud y 12 mm de diámetro, en toda la cara del talud.
- Durante la instalación de las mallas se deberá hacer coincidir con la localización de los clavos.



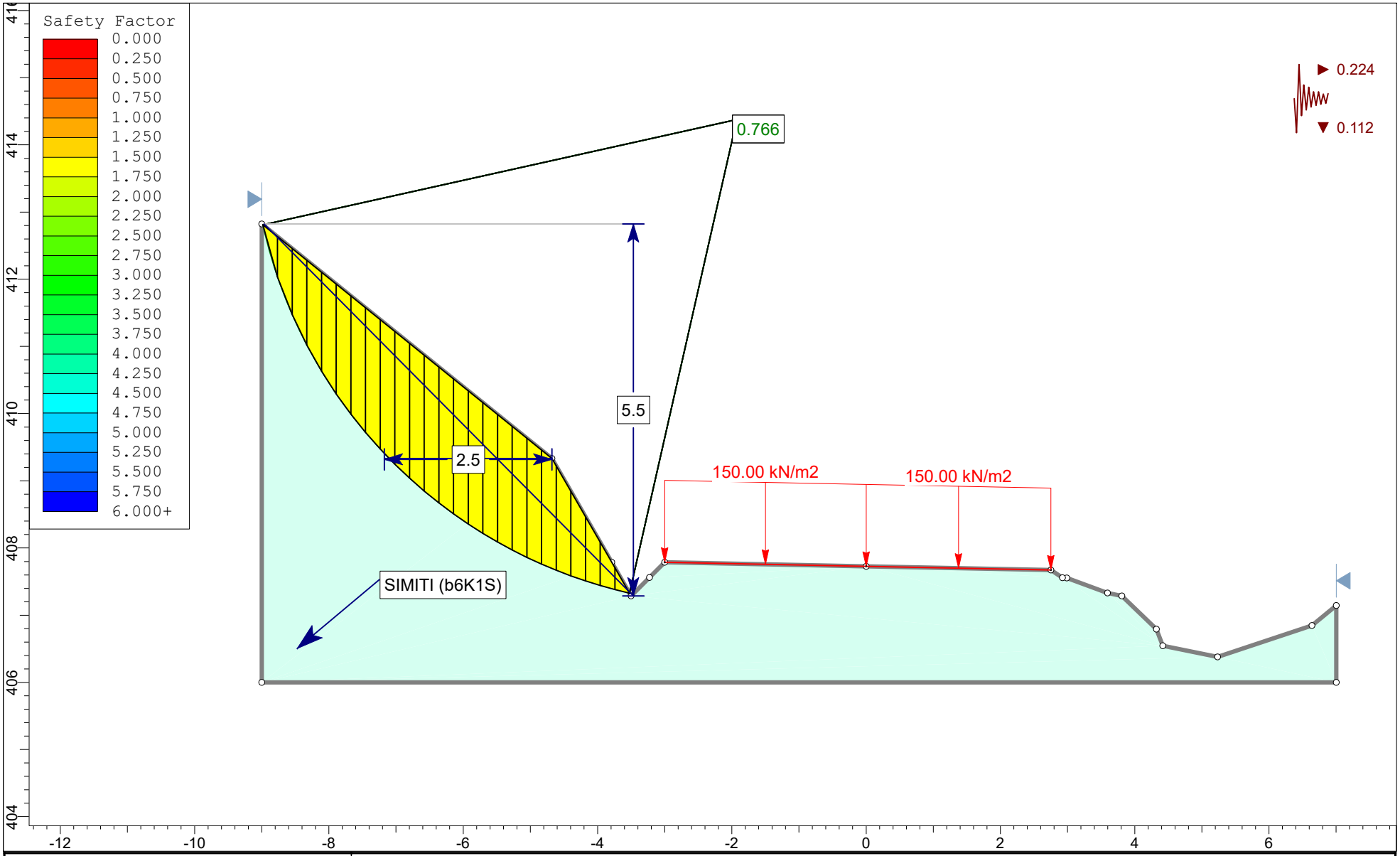
Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".		
Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K00+290 SIN OBRAS		
Drawn By		Scale 1:80	Company
Date			File Name 1-K00+290 -DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020



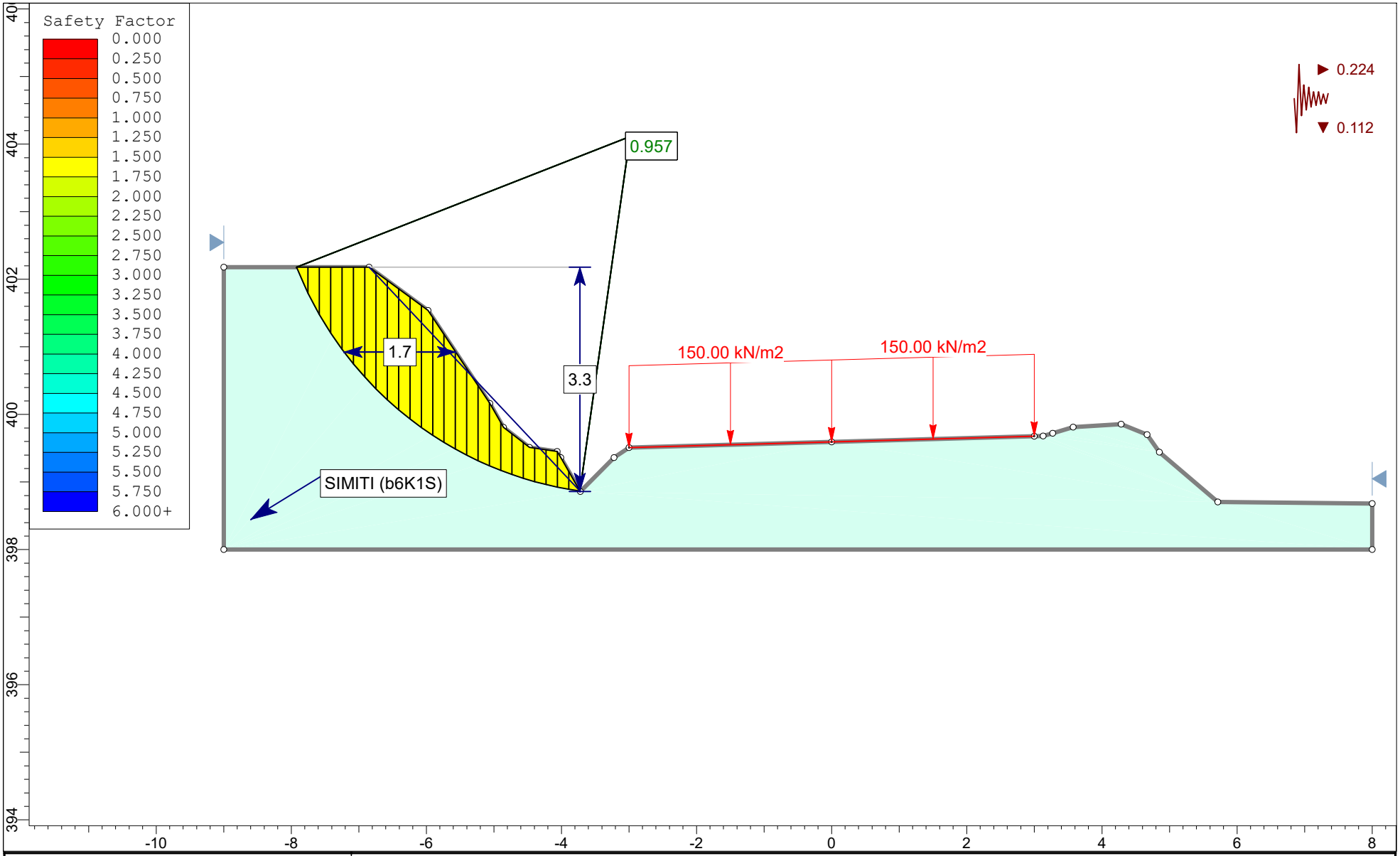
	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+030 SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:80	Company
	Date		File Name K01+030 DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020



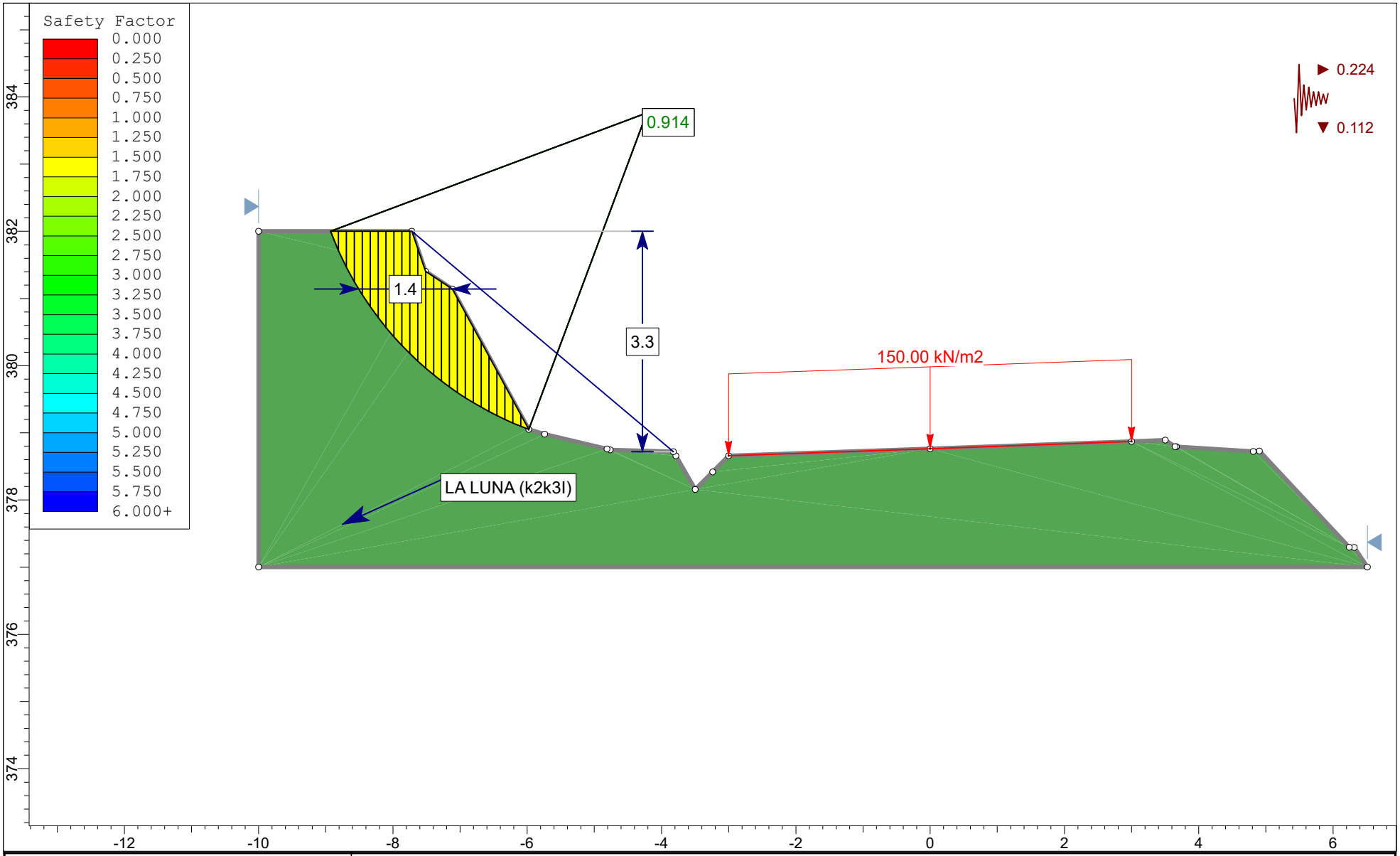
	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+045 SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:80	Company
	Date		File Name 3-K01+045-DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020



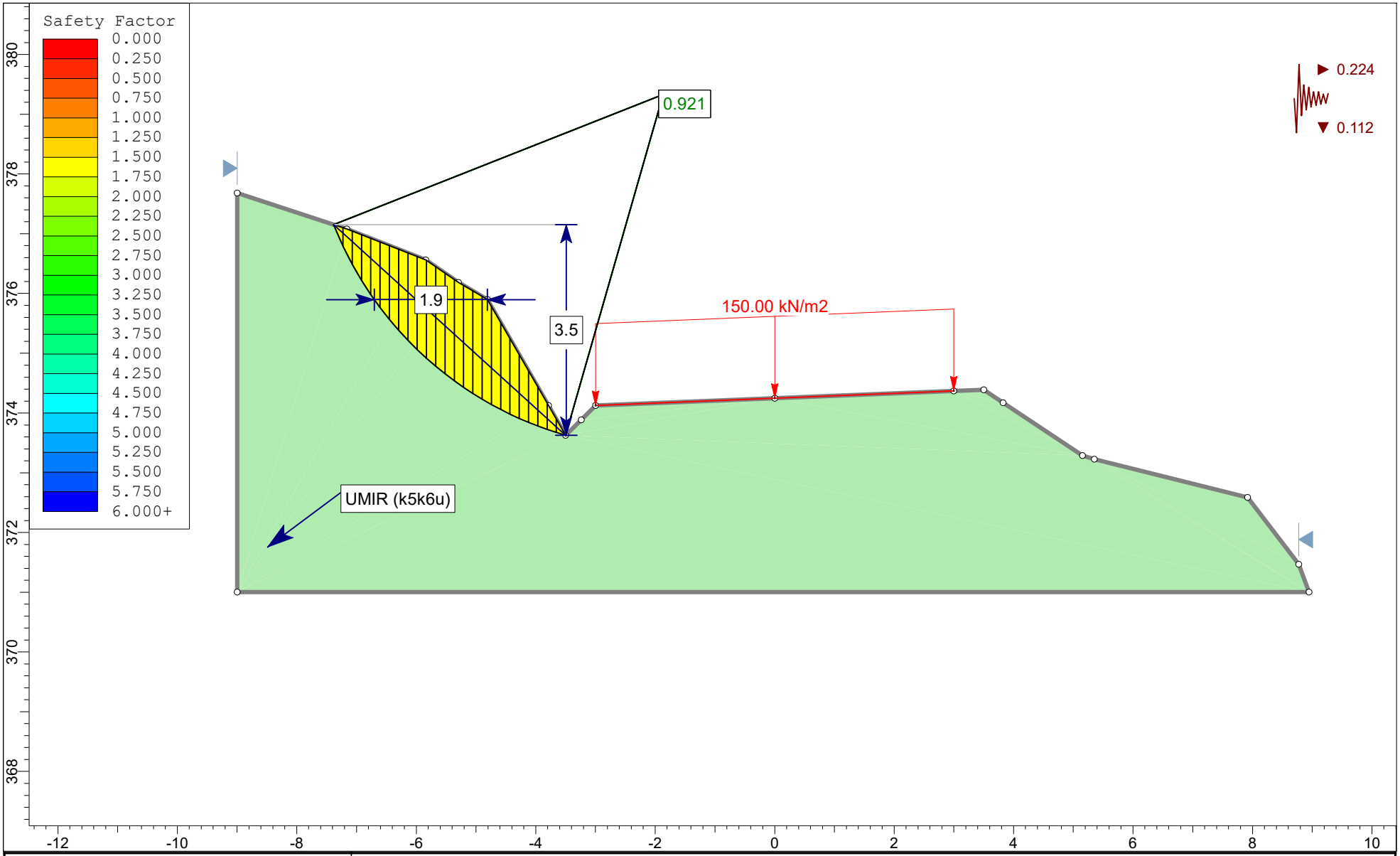
	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+150 SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:80	Company
	Date		File Name 4-K01+150-DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020

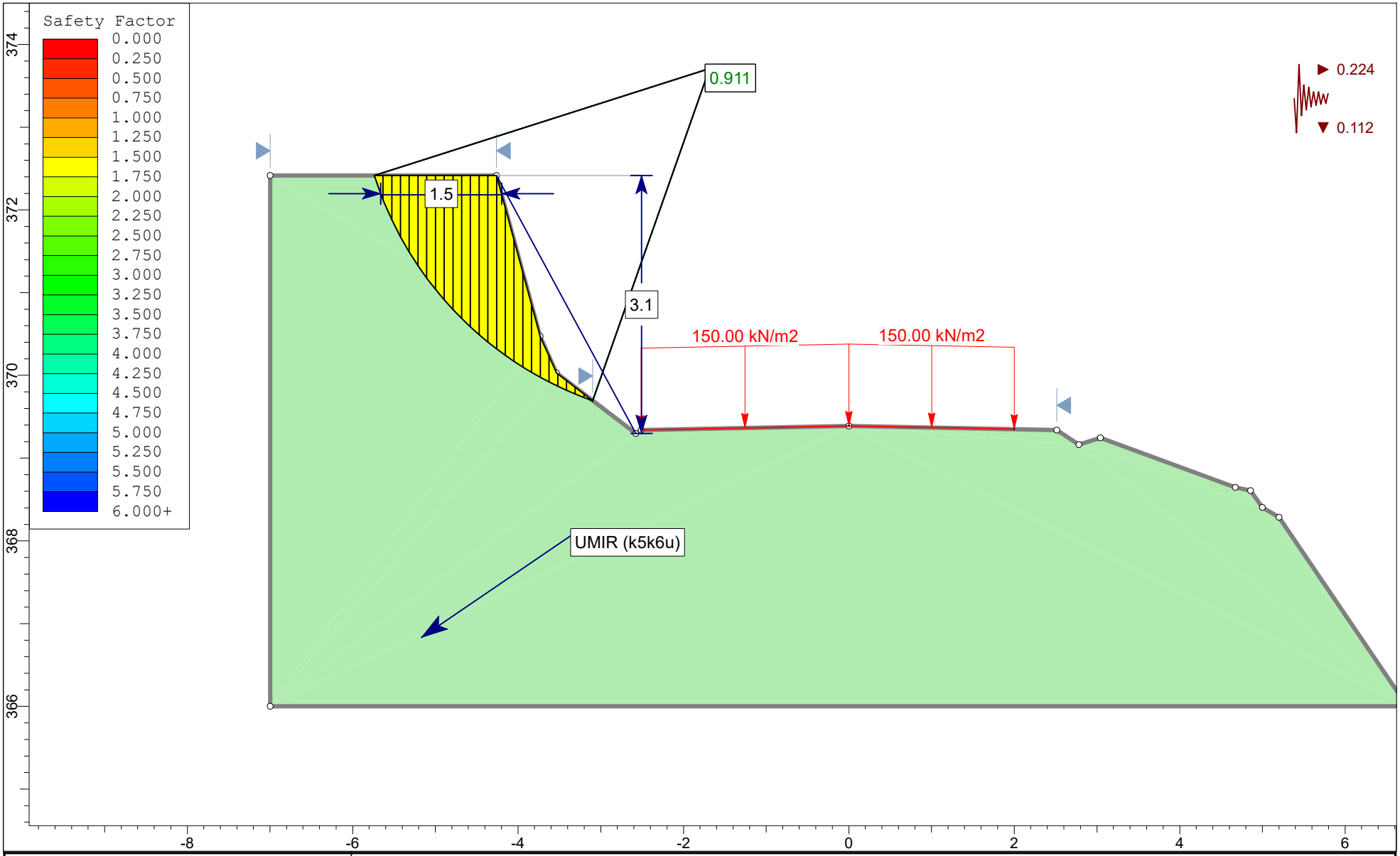


	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+424 SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:80	Company
	Date		File Name 5-K01+424-DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020

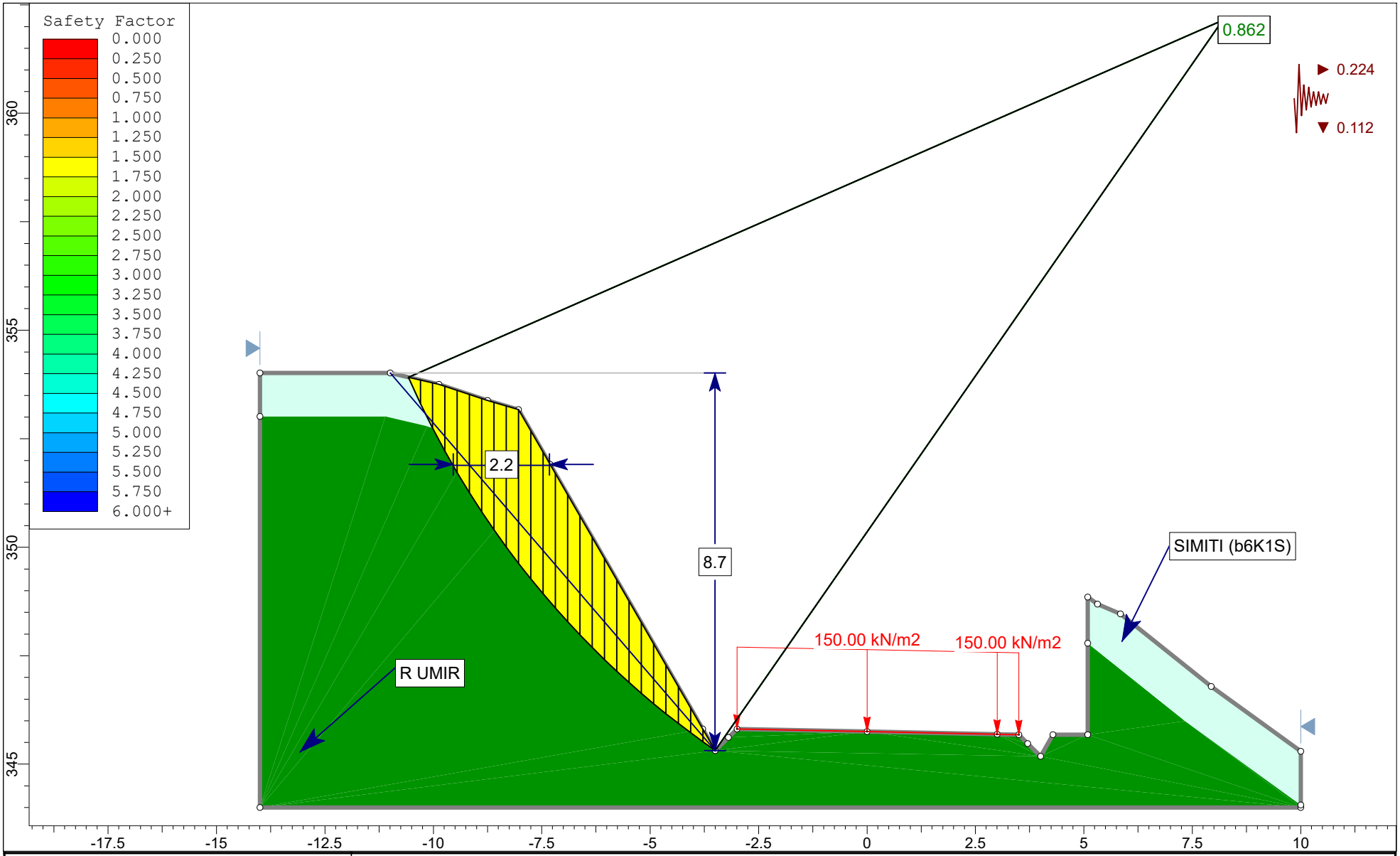


SLIDEINTERPRET 6.020	*Project*	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+478 SIN OBRAS	
	Drawn By	*Scale* 1:90	*Company*
	Date		*File Name* 6-K01+478-DINAMICO SIN OBRAS.slim



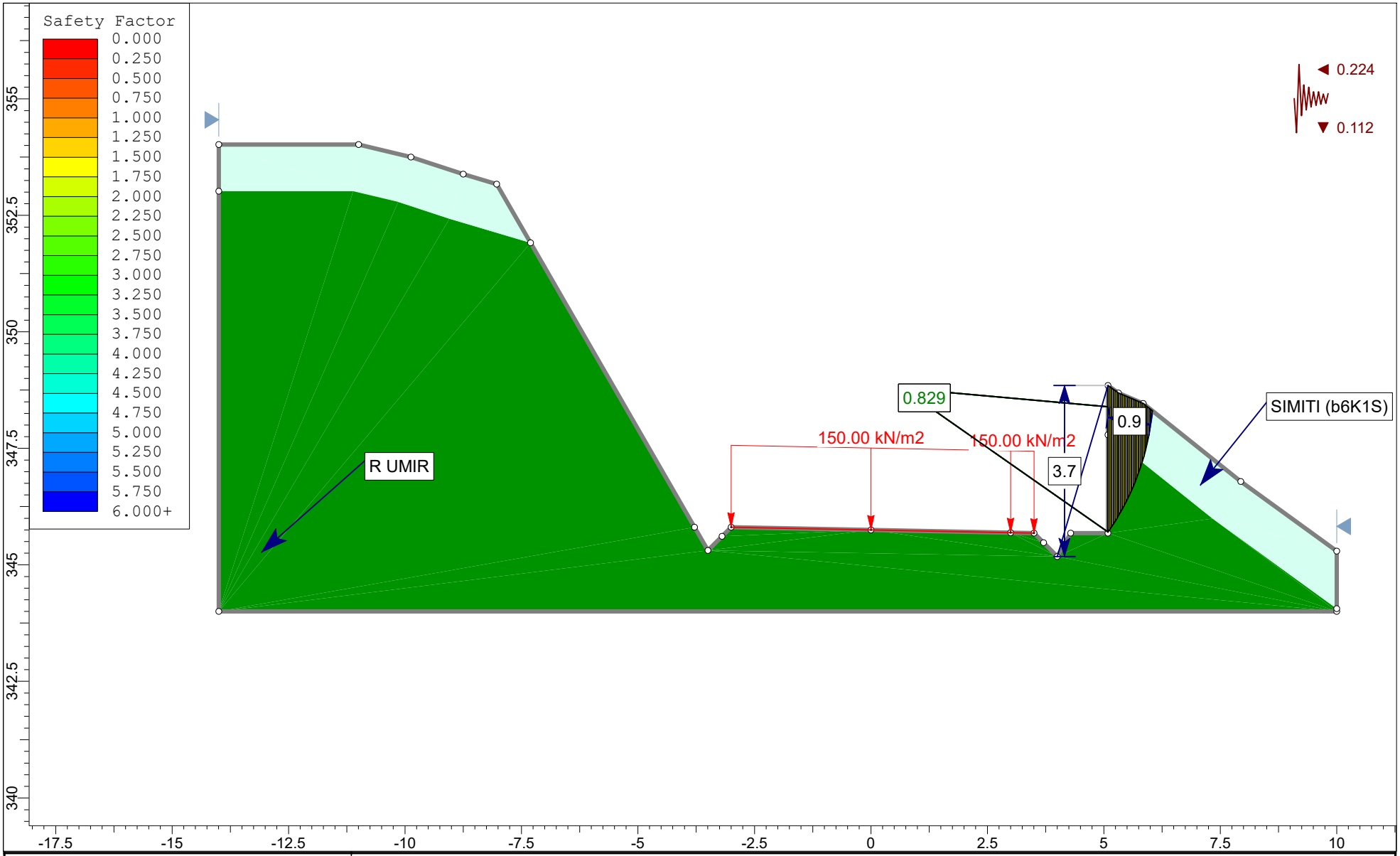
	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+594 SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:65	Company
	Date		File Name 7-K01+594-DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020



Rocscience	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+941 SUPERIOR- SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:124	Company
	Date		File Name 8-K01+941 SUPERIOR-DINAMICO SIN OBRAS.slim

SLIDEINTERPRET 6.020

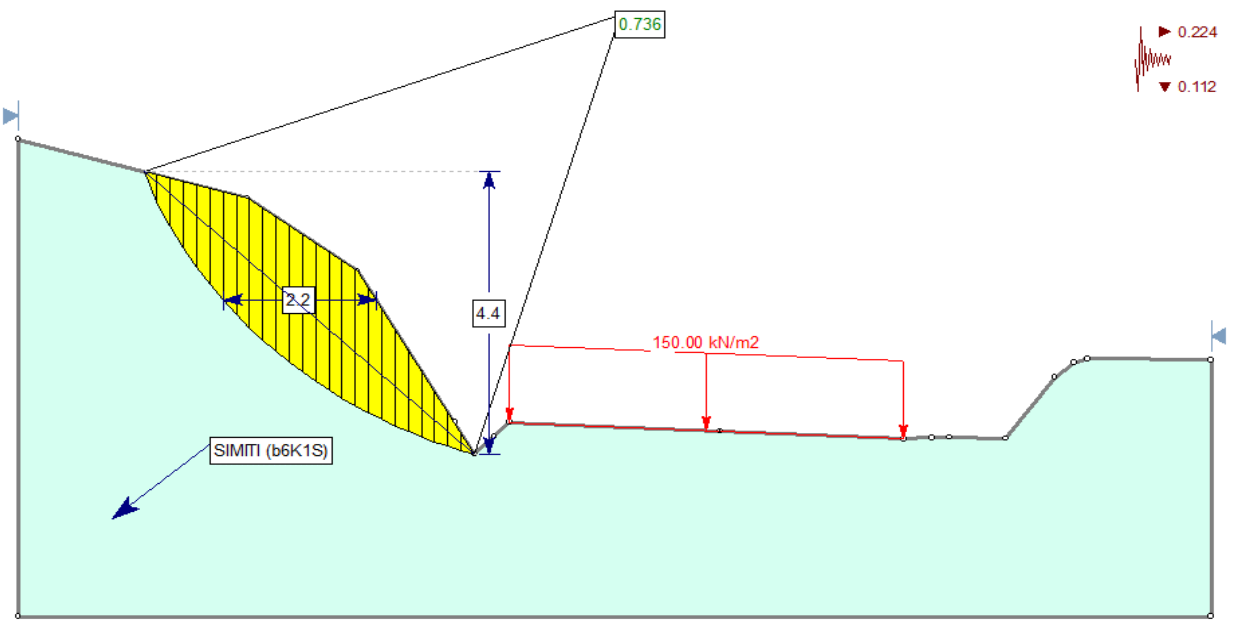


	Project	"CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA NÁUTICA Y TURÍSTICA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER".	
	Analysis Description	ANALISIS DINAMICO K01+941 INFERIOR SIN OBRAS	
	Drawn By	Scale 1:115	Company
	Date		File Name 9- K01+941 INFERIOR-DINAMICO SIN OBRAS.slim

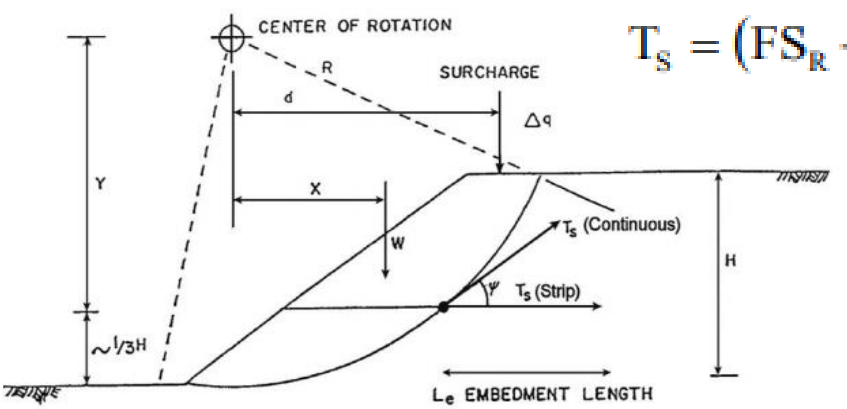
SLIDEINTERPRET 6.020

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K00+290



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	2,2	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,736	
Md	819,231	KN-m
D	7,22	m
Ts	**36,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	36,0	KN/m
Altura del Talud (H)	5,0	m
SH	1,0	m
SV	1,0	m
Filas de Pernos	5	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**7**	**KN**

SECCION K00+290

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_P = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	9	psi
qu	62	KN/m2
rPo	19	KN/m
LP	1,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden (1)	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden (1)	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K00+290

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	3,50	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	6,00	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

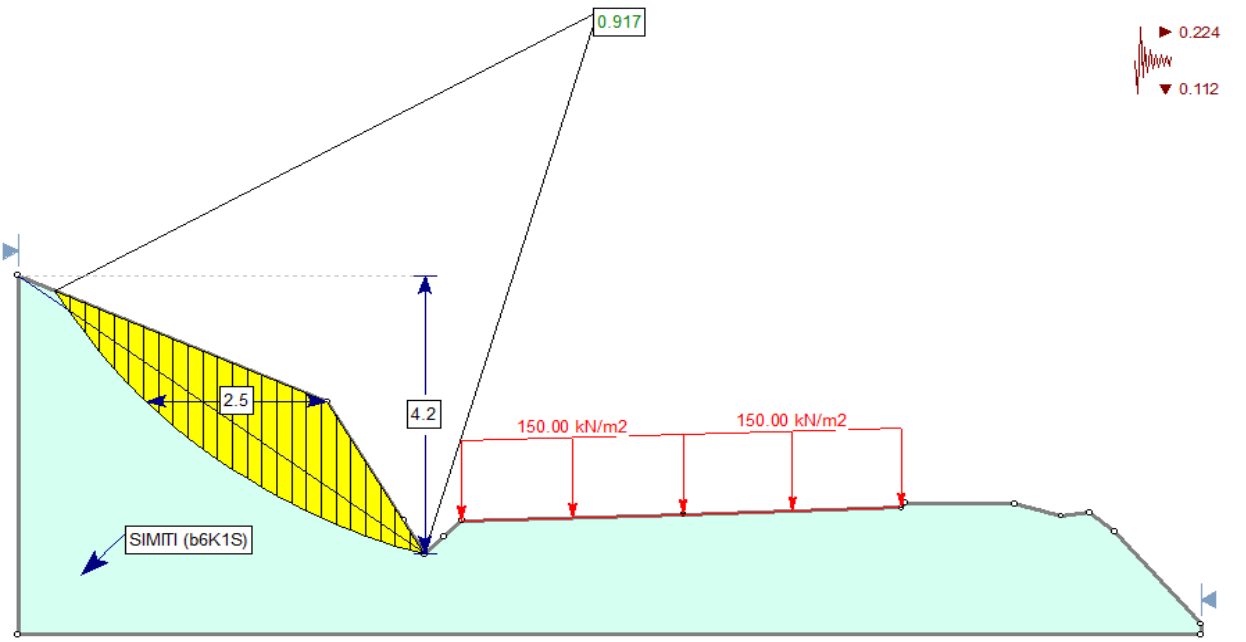
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

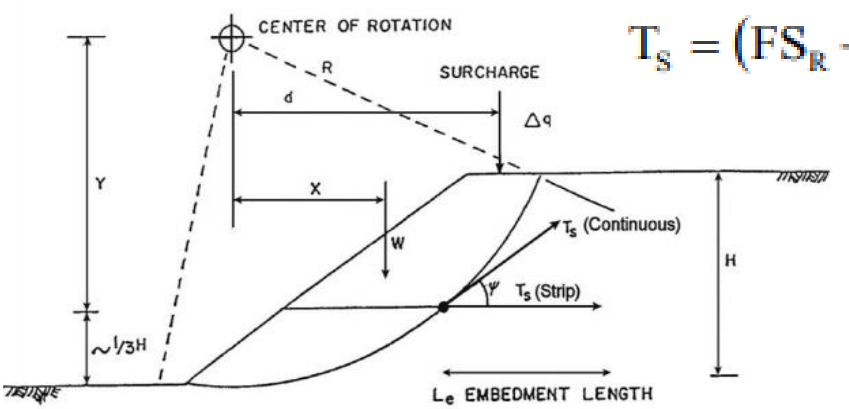
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+030



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	2,5	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,917	
Md	746,782	KN-m
D	8,437	m
Ts	**12,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	12,0	KN/m
Altura del Talud (H)	4,2	m
SH	1,5	m
SV	1,5	m
Filas de Pernos	3	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**6**	**KN**

SECCION K01+030

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_P = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	9	psi
qu	62	KN/m2
rPo	19	KN/m
LP	1,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden (1)	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden (1)	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+030

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	2,94	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	5,04	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

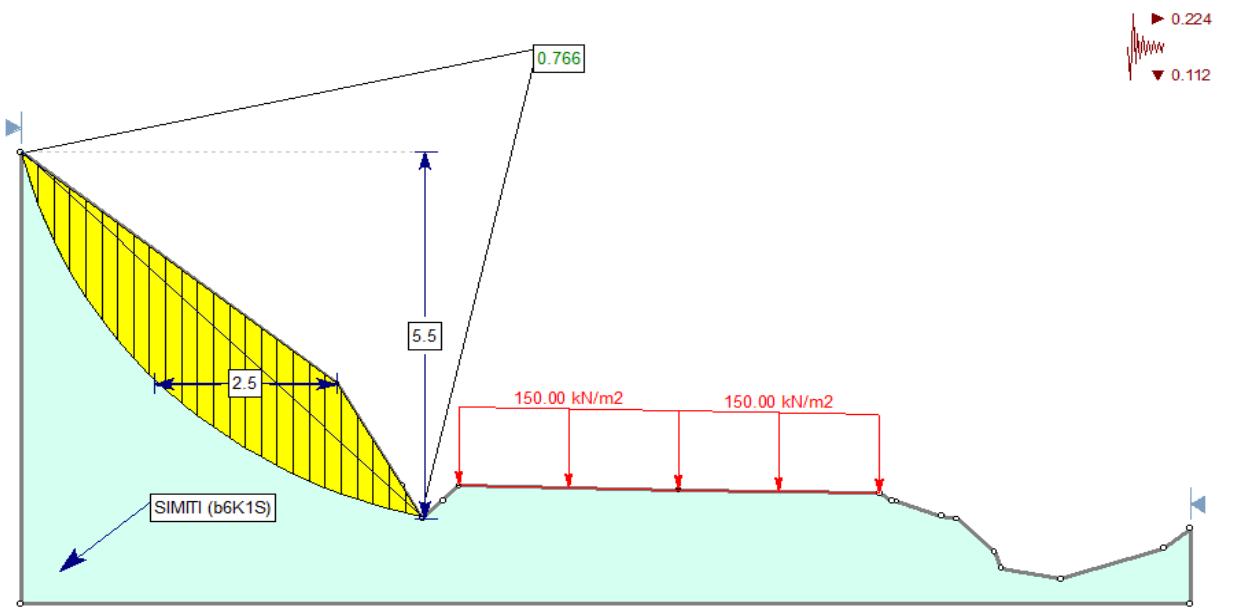
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

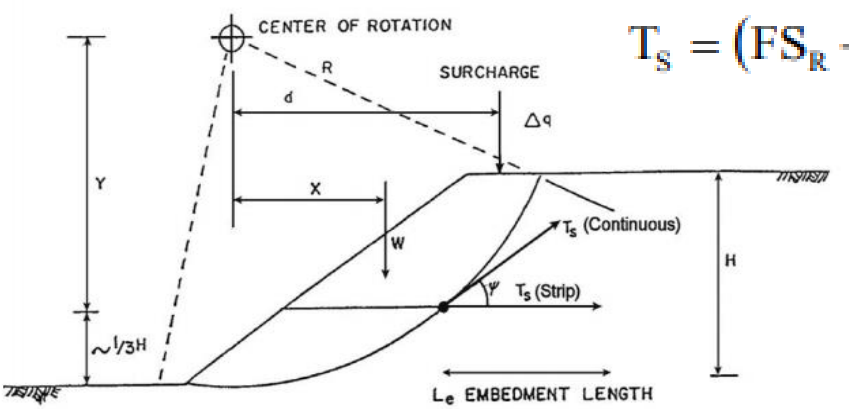
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+045



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	2,5	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,766	
Md	950,575	KN-m
D	7,23	m
Ts	**37,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	37,0	KN/m
Altura del Talud (H)	5,5	m
SH	1,5	m
SV	1,5	m
Filas de Pernos	4	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**15**	**KN**

SECCION K01+045

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_P = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	22	psi
qu	152	KN/m2
rPo	48	KN/m
LP	1,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden (1)	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden (1)	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+045

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	3,85	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	6,60	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

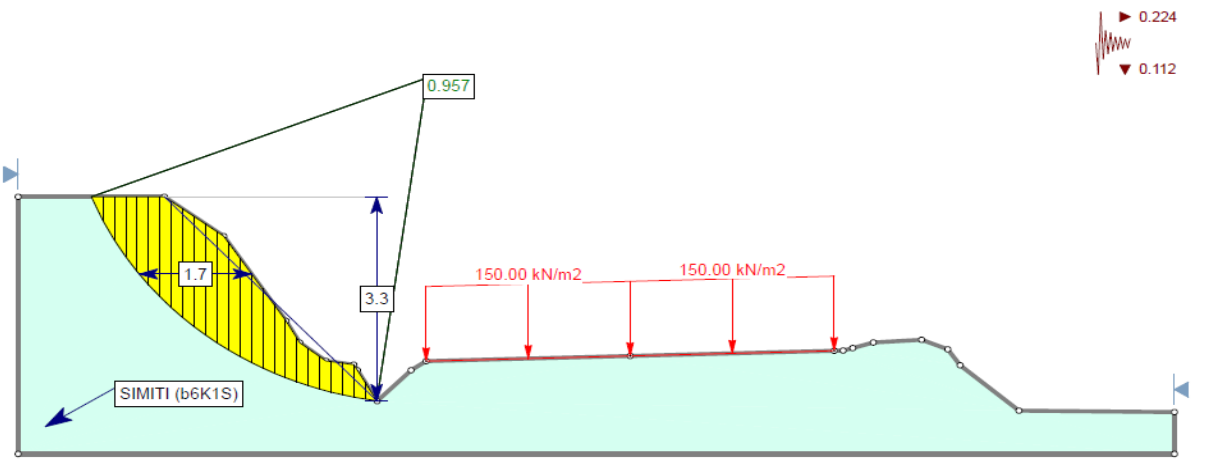
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

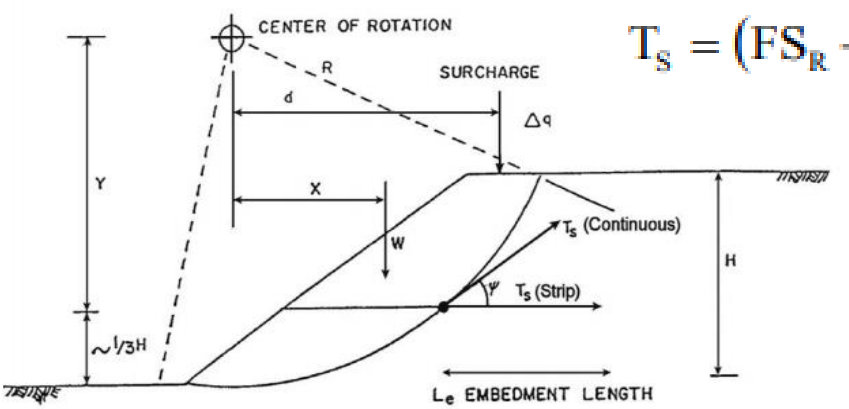
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+150



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	1,7	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,957	
Md	373,34	KN-m
D	5,297	m
Ts	**7,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	7,0	KN/m
Altura del Talud (H)	3,5	m
SH	1,5	m
SV	1,5	m
Filas de Pernos	2	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**6**	**KN**

SECCION K01+150

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_P = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	6	psi
qu	41	KN/m2
rPo	13	KN/m
LP	2,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden (1)	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden (1)	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SSECCION K01+150

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	2,45	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	4,20	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

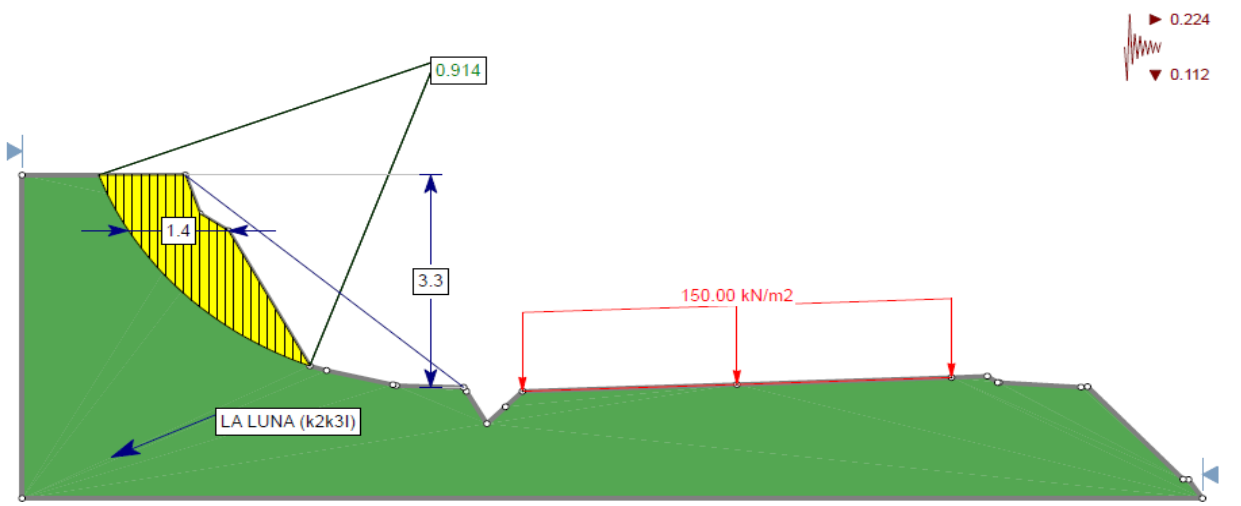
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

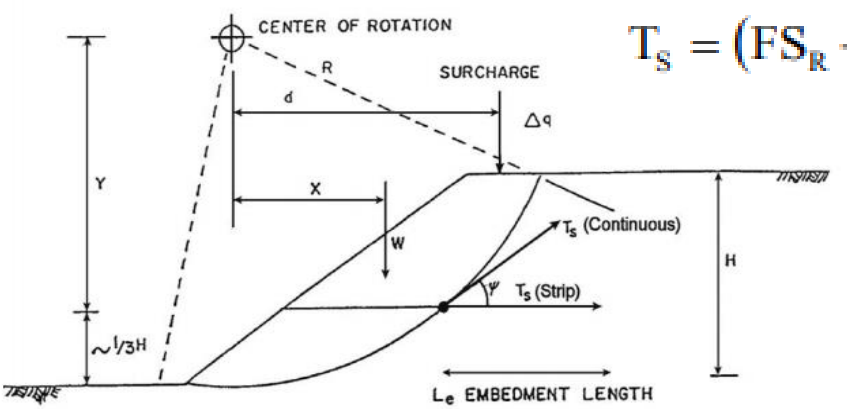
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+424



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	1,4	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,914	
Md	263,93	KN-m
D	5,029	m
Ts	**7,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	7,0	KN/m
Altura del Talud (H)	3,5	m
SH	1,5	m
SV	1,5	m
Filas de Pernos	2	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**6**	**KN**

SECCION K01+424

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_P = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	6	psi
qu	41	KN/m2
rPo	13	KN/m
LP	2,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden (1)	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden (1)	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+424

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	2,45	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	4,20	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

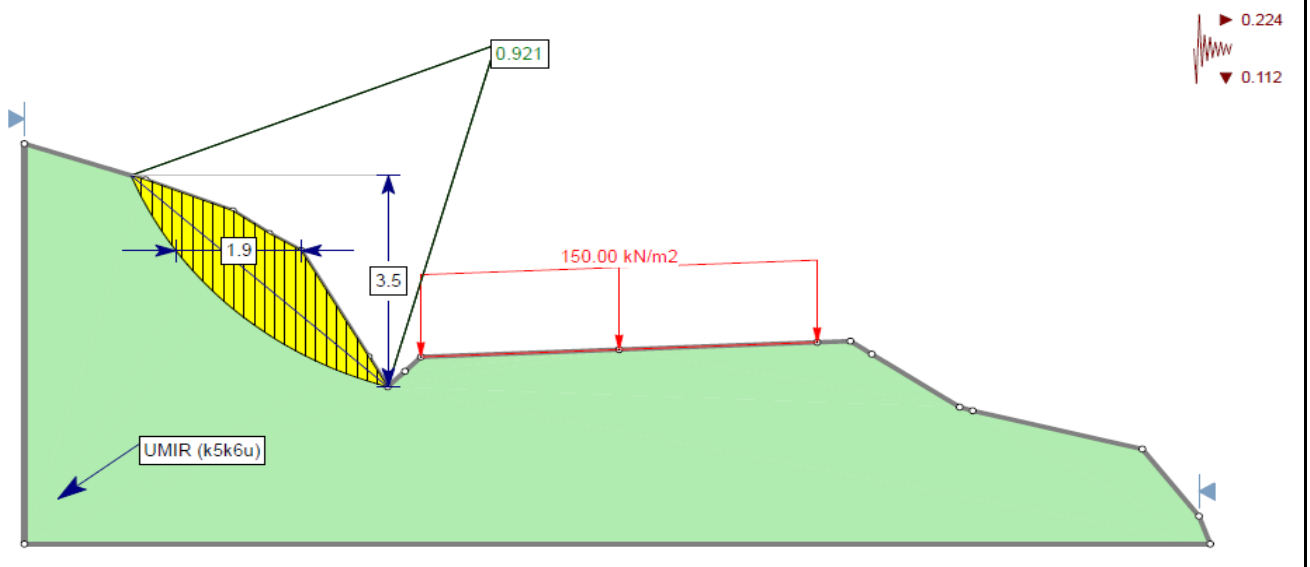
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

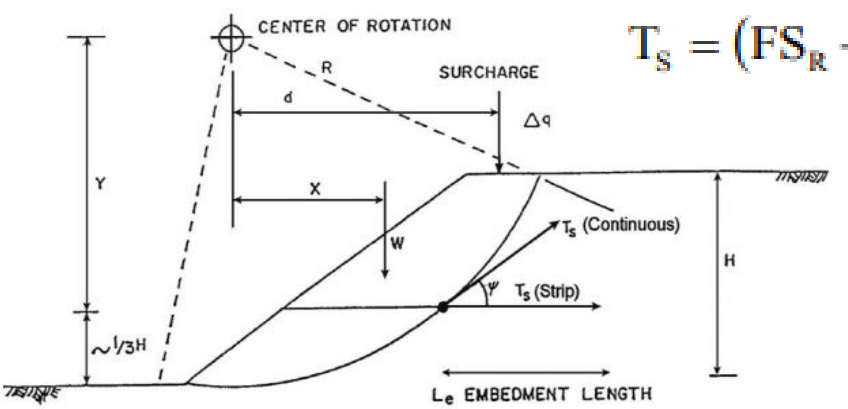
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+478



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	1,9	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,921	
Md	422,827	KN-m
D	5,932	m
Ts	**9,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	9,0	KN/m
Altura del Talud (H)	3,5	m
SH	1,5	m
SV	1,5	m
Filas de Pernos	2	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**7,5**	**KN**

SECCION K01+478

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_p = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	6	psi
qu	41	KN/m2
rPo	13	KN/m
LP	2,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden [1]	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden [1]	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+478

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	2,45	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	4,20	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

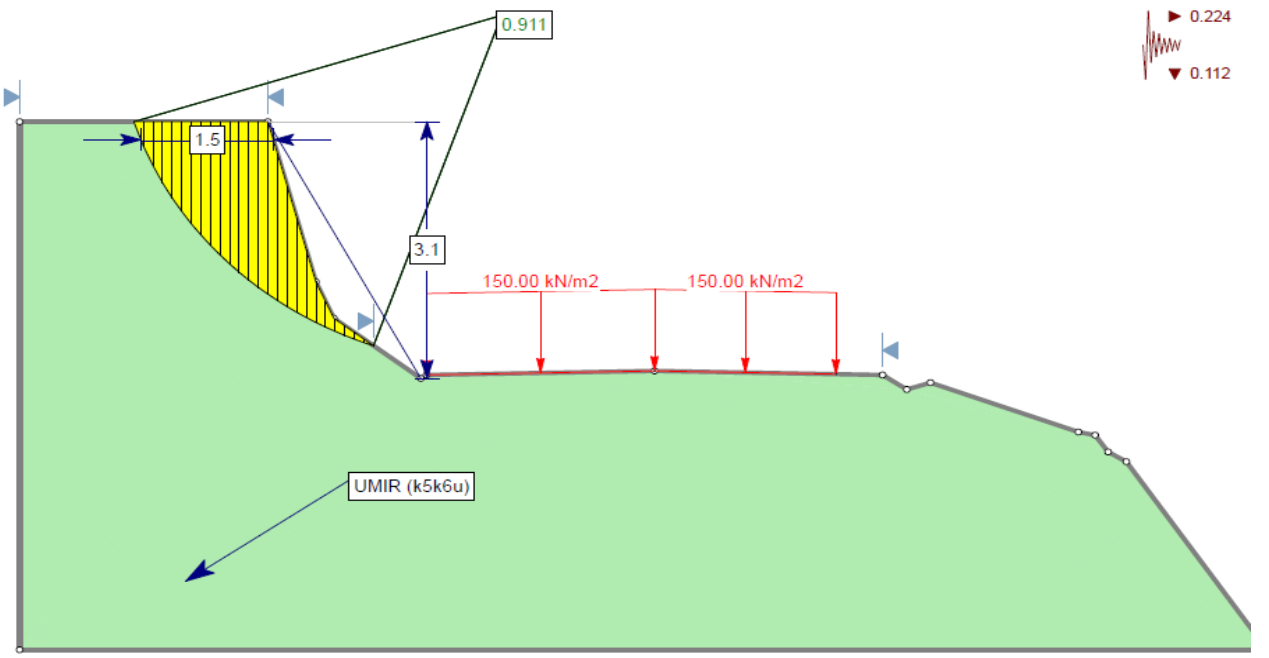
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

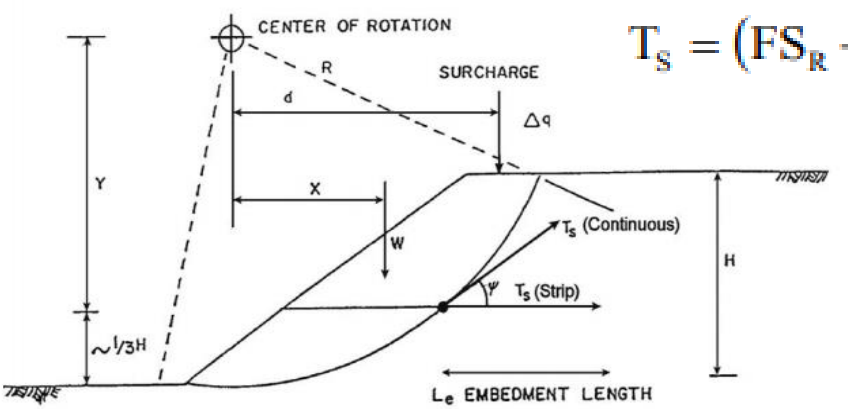
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+594



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	1,5	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,911	
Md	194,069	KN-m
D	4,255	m
Ts	**6,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	6,0	KN/m
Altura del Talud (H)	3,5	m
SH	1,2	m
SV	1,2	m
Filas de Pernos	3	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**2,4**	**KN**

SECCION K01+594

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_p = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	2	psi
qu	14	KN/m2
rPo	4	KN/m
LP	2,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden [1]	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden [1]	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+594

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	2,45	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	4,20	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

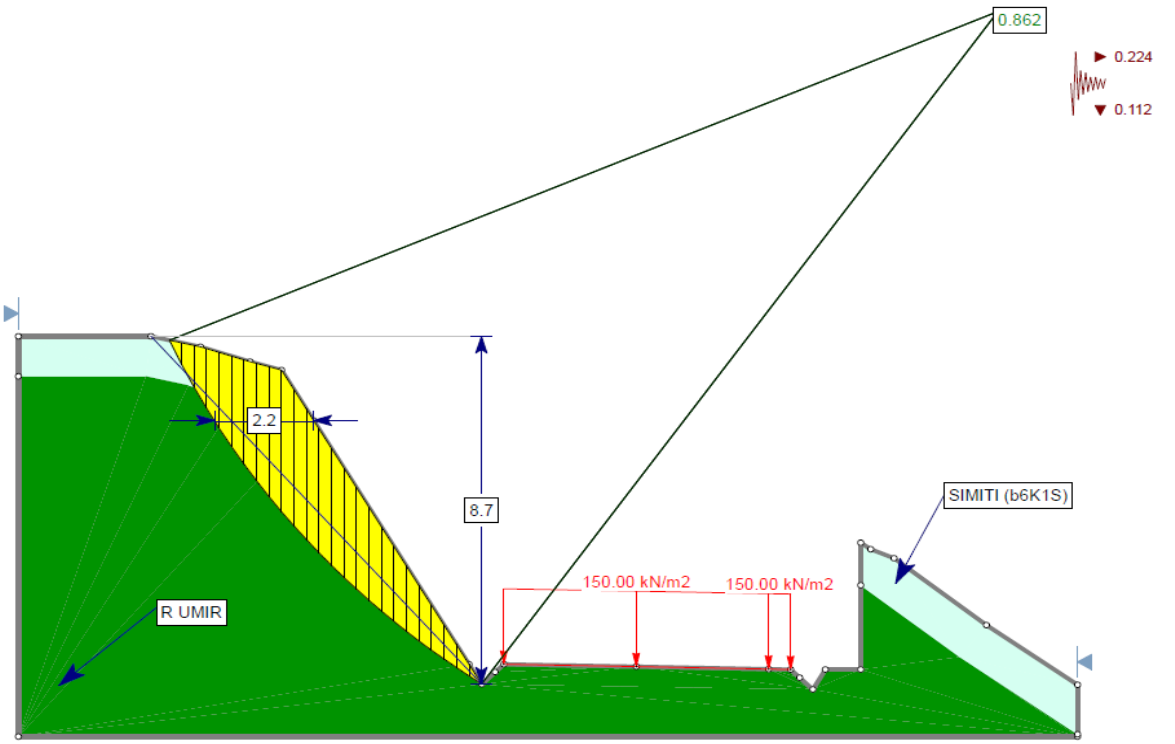
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

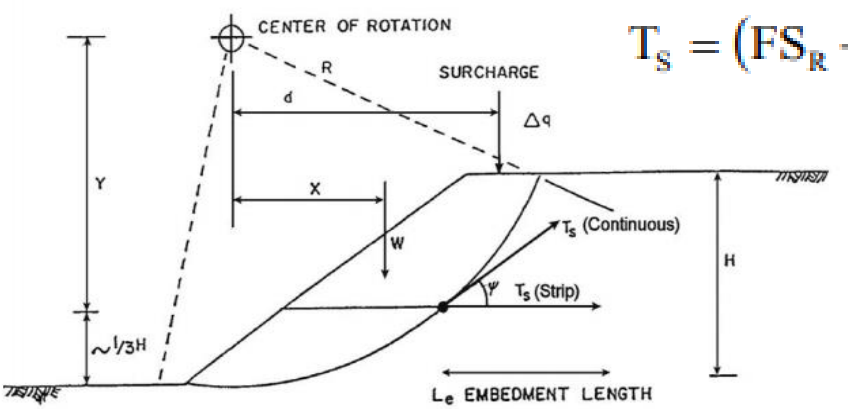
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+941 SUPERIOR



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	2,2	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,862	
Md	6029,95	KN-m
D	20,495	m
Ts	**55,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	55,0	KN/m
Altura del Talud (H)	9,0	m
SH	1,0	m
SV	1,0	m
Filas de Pernos	9	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**6**	**KN**

SECCION K01+941 SUPERIOR

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_p = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	5	psi
qu	34	KN/m2
rPo	11	KN/m
LP	2,00	m
LT	**5,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden [1]	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden [1]	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+941 SUPERIOR

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	6,30	m

$$0.7H < L_T$$

No Cumple; Aumentar Longitud

1,2H	10,80	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

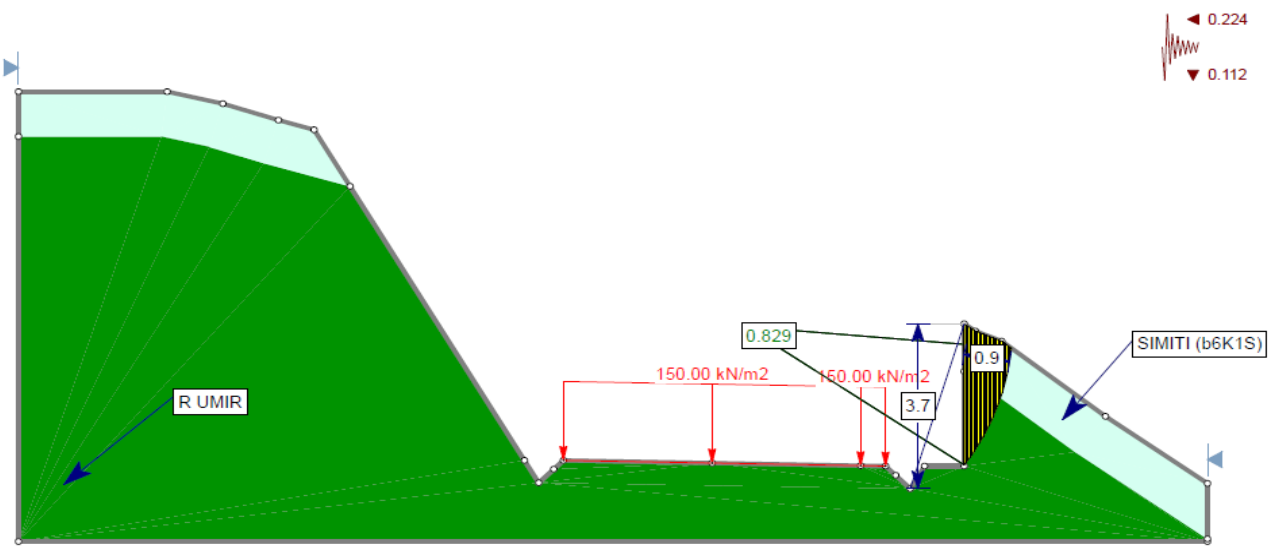
$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

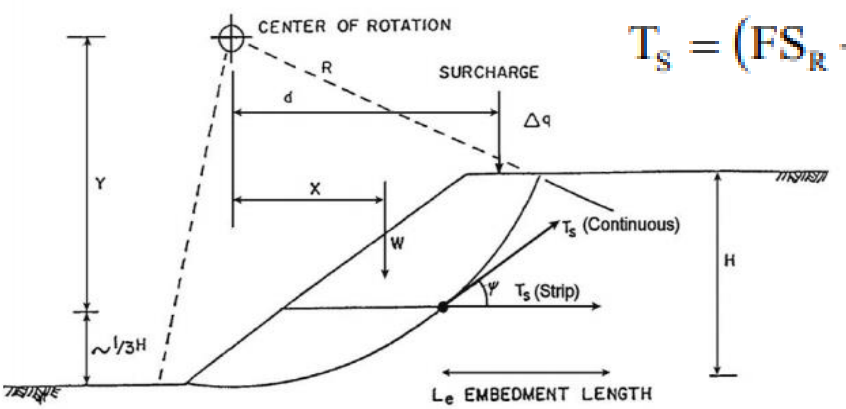
Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	

DISEÑO DE PERNOS FHWA – Soil Nail Walls, de febrero de 2015 – circular No. 7

SECCION K01+941 INFERIOR



CALCULO DE FUERZA POR PERNO



$$T_S = (FS_R - FS_U)\frac{M_D}{D}$$

Cuña (Lc)	1	m
Fsr	1,05	
Fsu	0,828	
Md	211,999	KN-m
D	5,375	m
Ts	**9,0**	**KN/m**

Maxima Fuerza	9,0	KN/m
Altura del Talud (H)	3,7	m
SH	1,2	m
SV	1,2	m
Filas de Pernos	3	
Inclinacion Perno	15	°
Tmax -Perno	**3,6**	**KN**

SECCION K01+941 INFERIOR

LONGITUD DEL PERNO

$$CDR = \frac{\emptyset_{PO} * R_{PO}}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$R_{PO} = r_{PO} * L_P$$

$L_p = Longitud\ de\ extracción\ o\ longitud\ del\ clavo\ detrás\ de\ la\ superficie\ de\ falla.$

$r_{PO} = Maxima\ fuerza\ de\ extracción\ por\ unidad\ de\ longitud.$

$$r_{PO} = \pi * q_u * D_{DH}$$

$q_u = Resistencia\ de\ unión\ clavo - suelo$

$D_{DH} = Diametro\ de\ la\ perforación$

$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$

DDH	0,10	m
ØPo	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
qu	2	psi
qu	14	KN/m2
rPo	4	KN/m
LP	3,00	m
LT	**4,00**	**m**

Limit State	Condition	Symbol	Resistance Factor
Overall Stability	Static	ϕ_{OS}	0.65
Overall Stability	Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90
Basal Heave	Permanent wall, short-term conditions	ϕ_{BH}	0.50
Basal Heave	Permanent wall, long-term conditions	ϕ_{BH}	0.40
Pullout	Static	ϕ_{PO}	0.65
Pullout	Seismic loading	ϕ_{PO}	0.65
Lateral Sliding	Static	ϕ_{LS}	0.90
Lateral Sliding	Seismic loading	ϕ_{LS}	1.00
Tensile Resistance	Static – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Static – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 60/75 (ASTM A615)	ϕ_T	0.75
Tensile Resistance	Seismic loading – Grades 95/150 (ASTM A722)	ϕ_T	0.65
Facing Flexural Resistance	Static	ϕ_{FF}	0.90
Facing Flexural Resistance	Seismic loading	ϕ_{FF}	0.90
Punching Shear at Facing	Static	ϕ_{FP}	0.90
Punching Shear at Facing	Seismic loading	ϕ_{FP}	0.90
Headed Stud in Tension	Static – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.70
Headed Stud in Tension	Static – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.80
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A307 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.65
Headed Stud in Tension	Seismic loading – A325 Steel Bolt	ϕ_{FH}	0.75

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_u (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Rotary Drilled	Piedmont residual	6 - 17
Rotary Drilled	Fine Colluvium	11 - 22
Driven Casing	Sand/gravel w/low overburden [1]	28 - 35
Driven Casing	Sand/gravel w/high overburden [1]	41 - 62
Driven Casing	Dense Moraine	55 - 70
Driven Casing	Colluvium	15 - 26
Augered	Silty sand fill	3 - 6
Augered	Silty fine sand	8 - 13
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

SECCION K01+941 INFERIOR

VERIFICACION DE LA LONGITUD DEL PERNO

0,7H	2,59	m

$$0.7H < L_T$$

Cumple

1,2H	4,44	m

$$L_T < 1.2H$$

Cumple

VERIFICACION A LA TRACCIÓN DE LA BARRA DE ACERO

$$CDR = \frac{\emptyset_T * R_T}{\gamma * T_{\max\ por\ clavo}} \geq 1.0$$

$$\emptyset_T = Factor\ de\ resistencia\ a\ la\ traccion$$

$$R_T = Resistencia\ a\ la\ tracción\ nominal\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$R_T = A_t * f_y$$

$$A_t = Area\ de\ la\ barra\ de\ acero.$$

$$f_y = Resistencia\ del\ acero.$$

$$\gamma = Factor\ de\ carga\ seleccionado\ para\ la\ verificación\ (1.5)$$

Diametro Varilla	1,00	"
Diametro de la varilla	25,4	mm
Area de la varilla (At)	506,71	mm2
Fy	420,00	Mpa
ØT	0,65	
Y	1,50	
CDR	1,00	
Verificación Acero	**Cumple**	